
CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION
TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The pattern art which is a pattern art of the ingredient pattern which consists the resist pattern or this resist pattern formed through exposure and a development process of a resin pattern formed as mold, and is characterized by heating the surface field of said ingredient pattern alternatively, and carrying out a reflow of this surface field alternatively by optical exposure.

[Claim 2] It is the pattern art according to claim 1 characterized by said optical exposure being performed by the light from a flash lamp.

[Claim 3] Said optical exposure is a pattern art according to claim 1 characterized by being carried out to the "on" period of the shutter which carries out ON / off actuation by the light which passes this shutter.

[Claim 4] The period of said optical exposure is a pattern art according to claim 1 characterized by being ten or less mses.

[Claim 5] Said optical exposure is a pattern art according to claim 1 characterized by being carried out by the light of wavelength which has an extinction coefficient from which the absorption coefficient of the ingredient which constitutes said ingredient pattern becomes one or more [$1.2 \times 10000 \text{cm}^{-1}$].

[Claim 6] The pattern art according to claim 1 characterized by performing processing which cools said ingredient pattern before said processing heated alternatively at least.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a pattern art, especially arts, such as a resist pattern used in the production process of a semiconductor device.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the detailed pattern formation below the exposure wavelength by optical lithography, the edge roughness of a resist pattern is posing a problem with lack of contrast on the strength [optical], the heterogeneity of a resist ingredient, etc. The edge roughness of a resist pattern is imprinted in a processed layer, and produces un-arranging in local dimension dispersion or an embedding process.

[0003] Although reduction of edge roughness has been conventionally performed by the improvement of a resist ingredient, it is becoming difficult only by the improvement of a resist ingredient to satisfy all demands called reduction of high definition or edge roughness as a pattern is made detailed.

[0004] Moreover, use of the reflow technique by heating is also considered about the improvement of edge roughness. However, in heating using a hot plate etc., if whenever [stoving temperature] is made high, the fluidity of a resist will increase and a lifting and pattern deformation will become [the whole pattern] remarkable about a reflow.

[0005] Moreover, the technique of performing UV cure is also known from a viewpoint which raises the RIE resistance of a resist pattern (for example, JP,4-78982,B etc.). However, when this technique irradiates UV light 30 seconds to about 1 minute, heats a resist pattern and heats to the temperature which a reflow produces so that a resist pattern may not deform by the reflow, since heating is loose, a lifting and pattern deformation will become [the whole pattern] remarkable about a reflow.

[0006] Moreover, also with an ashing technique, although the improvement of edge roughness is possible, a pattern dimension (Rhine width of face) becomes thin. In patterns, such as Rhine - and - tooth space, and a slit, in the above-mentioned pattern dimension's becoming thin, expecting an amount and finishing Rhine more thickly, it produces the fall of large exposure merge. Moreover, since ashing is performed within vacuum devices, it also has the problem that a throughput falls.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, the edge roughness of a resist pattern is posing a problem as a pattern is made detailed. However, it was difficult to improve edge roughness, without producing a fall, pattern deformation, etc. of definition by the conventional technique.

[0008] This invention is made to the above-mentioned conventional technical problem, and it aims at offering the pattern art which can improve edge roughness, without producing pattern deformation etc.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The pattern art concerning this invention is a pattern art of the ingredient pattern which consists the resist pattern or this resist pattern formed through exposure and a development process of a resin pattern formed as mold, and is characterized by heating the surface field of said ingredient pattern alternatively, and carrying out a reflow of this surface field alternatively by optical exposure.

[0010] Since a reflow of the surface fields, such as a resist pattern, is alternatively carried out by heating surface fields, such as a resist pattern, alternatively by optical exposure according to this invention, the reflow of the whole pattern caused by heat conduction to the interior, such as a resist pattern, can be prevented, and edge roughness is improvable, controlling the pattern deformation by the reflow.

[0011] in order to heat surface fields, such as a resist pattern, alternatively -- a short-time optical exposure -- it

is made to perform an optical exposure in the period of ten or less mses preferably. Although it is desirable to perform a short-time optical exposure by the light from a flash lamp, the light which passes this shutter may be made to perform to the "on" period of the shutter which carries out ON / off actuation.

[0012] In order to heat surface fields, such as a resist pattern, alternatively, it is made for the exposure absorption-of-light ratio in a surface field to become large. It is desirable to perform an optical exposure by the light of wavelength which has an extinction coefficient from which the absorption coefficient of the ingredient which constitutes a resist pattern etc. specifically becomes one or more $[1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}]$.

[0013] Moreover, surface fields, such as a resist pattern, can be made easy to be able to raise the temperature gradient of surface fields, such as a resist pattern, and a contrant region, and to heat more nearly alternatively, if processing which cools a resist pattern etc. before the processing heated alternatively at least (before heat-treatment may be good and you may be from before heat-treatment to until after heat-treatment) is performed.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained with reference to a drawing.

[0015] First, the underlying concept of the operation gestalt concerning this invention is explained with reference to process drawing shown in drawing 1.

[0016] Drawing 1 (a) shows the condition of having formed the resist pattern 2 on the processed substrate 1 with which the workpiece was formed on semi-conductor substrates, such as a silicon wafer. A resist pattern is formed through each process, such as the usual lithography technique, i.e., spreading of the resist film, pattern exposure, PEB (postexposure BEKU), and development. As shown in drawing, irregularity is shown in the front face of a resist pattern 2, and edge roughness cannot call it fitness.

[0017] Then, after the process of drawing 1 (a), in order to improve edge roughness, as shown in drawing 1 (b), surface field 2a of a resist pattern 2 is heated alternatively. As shown at drawing 2 at heat-treatment using a flash lamp, the exposure light 4 (pulsed light) from a flash lamp 3 is irradiated at a resist pattern 2. As surface field 2a of a resist pattern 2 carries out a reflow alternatively and it is shown in drawing 1 (c) by this heat-treatment, the resist pattern 2 with which edge roughness has been improved is obtained. As for whenever [stoving temperature], it is desirable to carry out to beyond the glass transition point temperature of a resist ingredient.

[0018] Although it will be heated to the interior of a resist pattern 2, and the resist pattern 2 whole will carry out a reflow, and the resist pattern 2 whole will carry out pattern deformation as shown in drawing 3 when heating time is long, by using a flash lamp 3, heating of ms order (10 or less ms) is possible, and edge roughness can be improved, carrying out a reflow only of the surface field 2a of a resist pattern 2 alternatively, and maintaining the rectangle configuration of a resist pattern 2.

[0019] Generally, in the range of wavelength of exposure light, light is absorbed in proportion to optical reinforcement in a homogeneous ingredient. Therefore, the surface field of the amount [of light absorption] per unit volume increases more than a contrant region. In order to heat only a surface field efficiently, in the case of i line resist or a KrF resist, it is desirable the wavelength which a resist ingredient tends to absorb, and to irradiate ultraviolet radiation with a short wavelength of 200nm or less generally.

[0020] When the energy density of the heating light source is low, not only a surface field but the temperature of a contrant region rises by heat conduction of a resist ingredient. Therefore, the property of the flash lamp which heating ends for a short time is desirable. Although 1 / 2 pulse width of the used flash lamp are 1.5 mses, even if pulse width is about 10 or less ms, it is thought that there is same effectiveness.

[0021] The amount dI of absorption of light between the minute distance dx of the direction of a light emission in an ingredient can be described to be $dI = \alpha I_0 \exp(-\alpha x) dx$. I_0 The distance from an ingredient front face and α of the optical reinforcement on the front face of ***** and x are absorption coefficients. The exposure absorption-of-light ratio in an ingredient front face becomes high, so that α is large, and temperature falls rapidly [the interior].

[0022] In a last shipment (Rhine - and - tooth space) pattern, an aspect ratio (ratio of resist thickness and the Rhine dimension) is about three in many cases. When irradiating light at the pattern lower part of an aspect ratio 3, the optical path length in the resist film is 101/2 of the depth from a resist film front face. It becomes twice (about 3.1 times).

[0023] The amount of exposure absorption of light in the optical path length of 31nm from a resist front face and a depth of 10nm becomes 95% of the outermost surface at the time of $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$. The transition

point temperature of the glass of a resist ingredient is usually 130-160 degrees C. Since a temperature gradient 5 degrees C or more will arise between the outermost surface and the part of 10nm of the inside if it is $\alpha \geq 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$, and a resist front face is heated from the room temperature of 25 degrees C to 160 degrees C, only a surface field with a thickness of about 10nm is considered to start a reflow.

[0024] In addition, the ingredient to which the absorption coefficient to exposure light becomes large with an optical exposure or heating by light absorption exists. With such an ingredient, it is able to acquire the effectiveness expected by this invention, even if the absorption coefficient before an optical exposure is smaller than $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$.

[0025] The effectiveness of heating a resist front face can be acquired, if the above-mentioned relation is satisfied in all wavelength even if it is not only the homogeneous light but the multicolor light which satisfies the relation of $\alpha \geq 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$. Moreover, even if it is broadcloth light, the great portion of luminescence wavelength should just satisfy the above-mentioned relation. If the reinforcement of the wavelength with which are satisfied of $\alpha \geq 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ is fully strong in that case, it is possible to carry out a reflow only of the resist front face alternatively. The effectiveness that the light of the wavelength of $\alpha < 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ heats the surface field of a resist alternatively is small. However, since the light with a small absorption coefficient is hardly primarily absorbed in a resist, when the rate of an intensity ratio in broadcloth light is small enough, the effectiveness of heating a surface field alternatively seldom falls.

[0026] While being short wave Nagamitsu who satisfies the relation of Above α as the exposure light source, it is desirable for a high energy consistency and an exposure period to be the things for 10 or less ms. As a source of ultraviolet radiation, use of the continuous spectrum of synchrotron orbital radiation is also considered by a heavy hydrogen arc tube, solid state laser, and the pan. It is desirable to control ON/OFF of exposure light (passage/cutoff) by considering as concomitant use with a mechanical shutter, and it is desirable that it is made to perform an optical exposure in the period for 10 or less ms like the case where it is a flash lamp.

[0027] By cooling a resist ingredient before a heating process, the temperature rise width of face of the skin temperature by optical exposure becomes large. Therefore, the temperature gradient of the surface field of a resist and a contrant region becomes large inevitably, and it becomes easy to carry out a reflow only of the resist front face. Drawing 4 is drawing having shown the relation between the optical path length from a resist front face, and temperature. (c) is shown, when raising temperature from a room temperature (25 degrees C) to 160 degrees C by $\alpha = 5 \times 1000 \text{ cm}^{-1}$, raising temperature from a room temperature (25 degrees C) to 160 degrees C by (a) $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ and raising temperature by (b) $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ from liquid nitrogen temperature (-196 degrees C) to 160 degrees C. As shown in this drawing, when heating from liquid nitrogen temperature to 160 degrees C, in the optical path length of 31nm from a front face, and a depth of 10nm, it becomes 147 degrees C and the temperature gradient with a front face is expanded even to 13 degrees C at (c).

[0028] Moreover, when the resist front face is an elevated temperature very much, when it is small and the temperature gradient inside a resist is small, a reflow may arise [the exposure absorption-of-light multiplier α] also inside a wafer by heat conduction. In order to prevent this, it is effective to cool also after the heating process termination by optical exposure. Moreover, it is effective to perform cooling after heating termination from a resist forming face side by cooling from a substrate side, to the resist pattern upper part, for a certain reason, also when cooling effectiveness is bad. Emission of coolant gas can be considered as the means.

[0029] In addition, blasting of the elevated-temperature gas (a hot gas is more desirable than the glass transition point temperature of a resist ingredient) on the front face of a resist is also effective in addition to the optical exposure of a flash lamp etc. Although the heat capacity of a gas per unit volume is small, it is thought by spraying continuously at high speed that control of the heat capacity given to a resist front face is possible.

[0030] Moreover, it is also possible to remove the several nm front face observed as edge roughness by heating only the surface field of a resist by optical exposure more than decomposition or sublimation temperature of a resist ingredient, or reaction temperature with a controlled atmosphere. When oxygen or ozone is especially contained in the controlled atmosphere, it is thought that ashing and similar effectiveness are acquired. In this case, since it is not necessary to necessarily process in a vacuum unlike the usual ashing, the improvement in a throughput by the abbreviation of a reduced pressure process can be expected.

[0031] Moreover, when an organic lower layer antireflection film (BARC) is used, additional effectiveness can be expected depending on the quality of the material. When the direction organic [BARC] has decomposition or low sublimation temperature, or when it tends to react with a controlled atmosphere rather than the resist

film, in the BARC film, reduction in thickness becomes large rather than the resist film. Generally, the selection ratio of the resist in RIE and BARC is about 1, and resist thickness decreases by the almost same thickness at the time of BARC processing. Therefore, before RIE, if the BARC film of reduction in thickness is larger than the resist film, the resist thickness which can be used as a processing mask will increase.

[0032] Moreover, supposing decomposition temperature was 250 degrees C when heating only the surface field of a resist by optical exposure more than decomposition or sublimation temperature of a resist ingredient, or reaction temperature with a controlled atmosphere for example, the temperature gradient of a front face and the interior came to be shown in drawing 5. Drawing 5 shows (b), when raising temperature from a room temperature (25 degrees C) to 250 degrees C by $\alpha=1.2 \times 10000 \text{cm}^{-1}$ and raising temperature by (a) $\alpha=1.2 \times 10000 \text{cm}^{-1}$ from liquid nitrogen temperature (-196 degree C) to 250 degrees C. As shown in drawing, in (a), in the optical path length of 31nm from a front face, and a depth of 10nm, it is 242 degrees C and the temperature gradient with a front face becomes 8 degrees C. In (b), in the optical path length of 31nm from a front face, and a depth of 10nm, it is 234 degrees C, and the temperature gradient with a front face becomes 16 degrees C, and a temperature gradient expands it rather than the case where it does not cool.

[0033] In addition, when the ingredients used for a reverse pattern when obtaining a reverse pattern by using a resist pattern as mold, although the above explanation is described about the roughness improvement effect in a resist pattern are resin ingredients (for example, the Pori Shiroki acid, a fluorine polymer, etc.), after removing the resist pattern used as mold, it is also possible to apply the technique mentioned above and the same technique to a reverse pattern.

[0034] Hereafter, the concrete example in this operation gestalt is explained.

[0035] (Example 1) After forming 60nm and 300nm of chemistry magnification mold POJIREJISUTO for KrF for the antireflection film AR 5 made from Shipley on a silicon wafer, exposure by the KrF aligner was performed, PEB and development were performed further, and the resist pattern was formed.

[0036] Light was irradiated in nitrogen-gas-atmosphere mind to the resist pattern of the large rectangle of the formed edge roughness using the flash lamp which enclosed Xe gas. Distance between a flash lamp and a resist pattern was set to 20mm. The capacitor capacity of a flash lamp is 2070 micro F, and an inductance is 200 microhenries. 1 / 2 pulse width of a flash lamp are about 1.5ms. Applied voltage was made into five kinds, 1.8kV, 1.56kV, 1.47kV, 1.3kV, and 1.0kV. each exposure energy density -- 20 J/cm², 15 J/cm², 13.3 J/cm², 10 J/cm², and 6.2 J/cm² it is . the spectrum of a flash lamp -- data are as having been shown in drawing 6.

[0037] In conditions (the applied voltage of 1.56kV, 1.47kV, and 1.3kV), edge roughness reduced the 130nm last shipment pattern, with the rectangle configuration maintained. At this time, change of a pattern dimension was about 5nm or less. The pattern deformation by the reflow arose on conditions with an applied voltage of 1.8kV, and edge roughness has not improved on the conditions which are 1.0kV.

[0038] (Example 2) It may replace with the flash lamp containing [which was shown in the example 1] Xe, and the flash lamp which enclosed the gas which has the emission spectrum of short wavelength rather than Xe, such as Kr, Ar, or Ne, may be used.

[0039] It is the optical reinforcement on the front face of a resist I₀ When you carry out and you express the optical reinforcement I in the advance distance x in a medium (resist) as $I=I_0 \exp(-\alpha x)$, let an attenuation coefficient alpha be an absorption coefficient. When the extinction coefficient of wavelength lambda is k, it is $\alpha=4\pi k/\lambda$ and, generally, as for alpha, the direction of short wavelength becomes large.

[0040] In a KrF resist, it is set to 1 on the wavelength of 248nm, and is set to $k=0.3$ and $\alpha=1.9 \times 100000 \text{cm}^{-1}$ on $k=0.01$ and $\alpha=5 \times 1000 \text{cm}^{-1}$ the wavelength of 200nm. The temperature gradient of the front face of a resist and the interior becomes large, so that alpha is large, as shown in drawing 4. With [when light is irradiated at right angles to a resist front face] one [or more / $\alpha=5 \times 1000 \text{cm}^{-1}$], a 5-degree C temperature gradient arises in a resist front face and 10nm inside.

[0041] Even if it irradiates light from the wafer upper part, light is irradiated by the resist side attachment wall from across. When the aspect ratio of a last shipment pattern is 3, the optical path length in the resist film is 101/2 of the depth from a resist front face. It is twice (about 3.1 times). 31nm of optical path lengths reaches a depth of 10nm from a front face. If it is $\alpha=1.2 \times 10000 \text{cm}^{-1}$, between a front face and 10nm inside, a 5-degree C temperature gradient will arise in whenever [said incident angle].

[0042] (Example 3) It replaced with into the nitrogen-gas-atmosphere mind of an example 1, and the light of a flash lamp was irradiated to the nitrogen gas of a room temperature with the sink.

[0043] Unlike the example 1, the effectiveness of an edge roughness improvement was not seen by 1.3kV.

Moreover, although deformation of a resist pattern had arisen by the reflow in the applied voltage of 1.8kV, compared with the case of the example 1 which performed the optical exposure in the condition that nitrogen gas is standing it still, pattern deformation was small.

[0044] (Example 4) It replaced with into the nitrogen-gas-atmosphere mind of an example 1, and the flash lamp was irradiated in atmospheric air. The other conditions are the same as an example 1.

[0045] The pattern deformation by the reflow arose in the applied voltage of 1.8kV. On conditions (the applied voltage of 1.56kV, 1.47kV, 1.3kV, and 1.0kV), edge roughness reduced the 130nm last shipment pattern, with the rectangle configuration maintained. At this time, 20-5nm of Rhine dimensions had become thin.

[0046] Moreover, in addition to the effectiveness of edge roughness reduction, on conditions with an applied voltage of 1.3kV or more, the lower layer antireflection film AR 5 was removed nearly completely in the big resist omission part of a chip periphery. Moreover, in the applied voltage of 1.56kV, 130nm last shipment extracted and the thickness of AR5 of a part was also decreasing by about 10nm. Reduction of the resist thickness of the Rhine part at this time was about 5nm.

[0047] As mentioned above, although the operation gestalt of this invention was explained, it is possible for this invention to deform within limits which are not limited to the above-mentioned operation gestalt and do not deviate from the meaning variously, and to carry out...

[0048]

[Effect of the Invention] According to this invention, it becomes possible by heating surface fields, such as a resist pattern, alternatively and carrying out a reflow of this surface field alternatively by optical exposure, to improve edge roughness, it being prevented that whole a resist pattern etc. carries out a reflow, and controlling pattern deformation.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Process drawing having shown the outline about the pattern art concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] Drawing having shown typically an example of the heat-treatment in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] Drawing in which the whole resist pattern's having carried out a reflow, and having shown the condition of having carried out pattern deformation.

[Drawing 4] Drawing having shown the relation between the optical path length from a resist front face, and temperature.

[Drawing 5] Drawing having shown the relation between the optical path length from a resist front face, and temperature.

[Drawing 6] the spectrum of a flash lamp -- drawing having shown data.

[Description of Notations]

1 -- Processed substrate

2 -- Resist pattern

2a -- Surface field of a resist pattern

3 -- Flash lamp

4 -- Exposure light

[Translation done.]

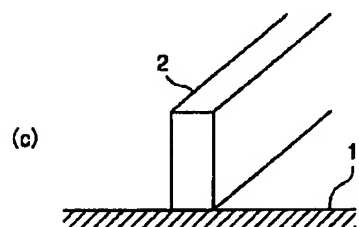
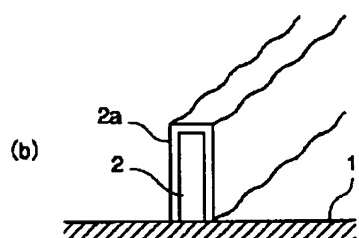
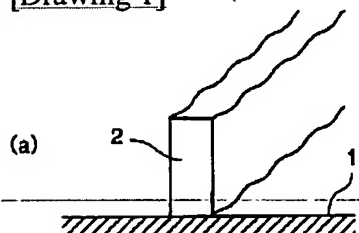
*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

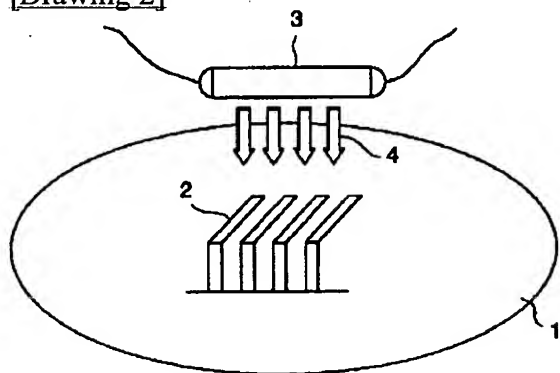
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

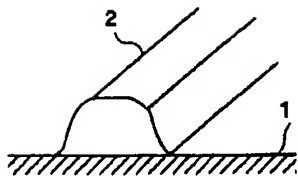
[Drawing 1]



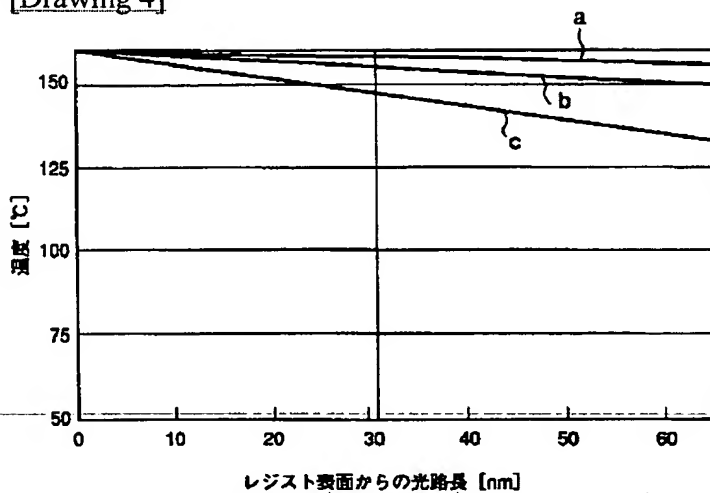
[Drawing 2]



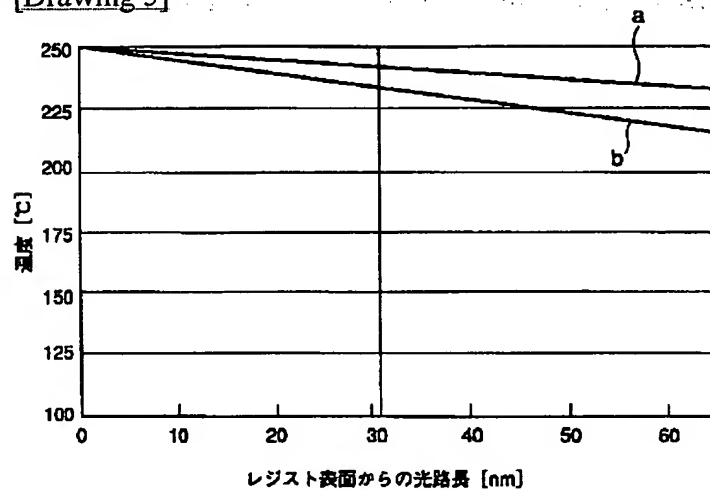
[Drawing 3]



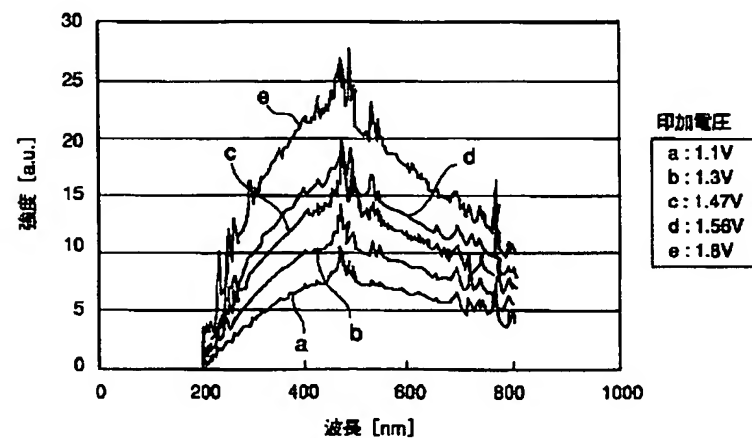
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-332484

(P2001-332484A)

(43)公開日 平成13年11月30日(2001.11.30)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/40	5 1 1 2 H 0 9 6
G 0 3 F 7/40	5 1 1	H 0 1 L 21/30	5 7 0 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-153385(P2000-153385)

(22)出願日 平成12年5月24日(2000.5.24)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 河村 大輔

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 塩原 英志

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

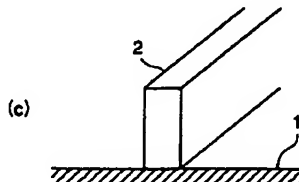
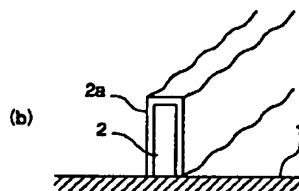
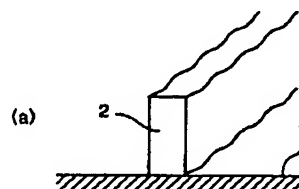
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パターン処理方法

(57)【要約】

【課題】 パターン変形等を生じさせることなくエッジラフネスを改善することが可能なパターン処理方法を提供する。

【解決手段】 露光及び現像工程を経て形成されたレジストパターン2又は該レジストパターンを鋳型として形成された樹脂パターンからなる材料パターンのパターン処理方法であって、光照射によって材料パターンの表面領域を選択的に加熱して該表面領域を選択的にリフローする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】露光及び現像工程を経て形成されたレジストパターン又は該レジストパターンを鋳型として形成された樹脂パターンからなる材料パターンのパターン処理方法であって、
光照射によって前記材料パターンの表面領域を選択的に加熱して該表面領域を選択的にリフローすることを特徴とするパターン処理方法。

【請求項2】前記光照射は、フラッシュランプからの光によって行われることを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【請求項3】前記光照射は、オン／オフ動作するシャッターのオン期間に該シャッターを通過する光によって行われることを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【請求項4】前記光照射の期間は、10ミリ秒以下であることを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【請求項5】前記光照射は、前記材料パターンを構成する材料の吸収係数が $1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ 以上となるような消衰係数を有する波長の光によって行われることを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【請求項6】少なくとも前記選択的に加熱する処理の前に、前記材料パターンを冷却する処理を行うことを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パターン処理方法、特に半導体装置の製造工程において用いられるレジストパターン等の処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光リソグラフィーによる露光波長以下の微細パターン形成においては、光強度コントラストの不足、レジスト材料の不均一性などによって、レジストパターンのエッジラフネスが問題となりつつある。レジストパターンのエッジラフネスは被加工層へ転写され、局所的な寸法ばらつきや埋め込み工程における不都合を生じる。

【0003】従来、エッジラフネスの低減はレジスト材料の改善によって行われてきたが、パターンが微細化されるにしたい、レジスト材料の改善だけでは、高解像性やエッジラフネスの低減といった要求を全て満足させることは困難になってきている。

【0004】また、エッジラフネスの改善については、加熱によるリフロー技術の利用も考えられる。しかしながら、ホットプレート等を用いた加熱では、加熱温度を高くすると、レジストの流動性が増してパターン全体がリフローを起こし、パターン変形が著しくなってしまう。

【0005】また、レジストパターンのRIE耐性を向

2

上させる観点から、UVキュアを行うという技術も知られている（例えば、特公平4-78982号公報等）。しかしながら、この技術は、レジストパターンがリフローによって変形しないように、30秒～1分程度UV光を照射してレジストパターンを加熱するものであり、リフローが生じる温度まで加熱した場合には、加熱が緩やかであるゆえにパターン全体がリフローを起こし、パターン変形が著しくなってしまう。

【0006】また、アッシング技術によってもエッジラフネスの改善は可能であるが、パターン寸法（ライン幅）が細くなる。ライン・アンド・スペースやスリット等のパターンにおいて、上記パターン寸法の細り量を見込んでラインを太めに仕上げる場合には、大幅な露光マージの低下を生じる。また、アッシングは真空装置内で行われるため、スループットが低下するという問題もある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように、パターンが微細化されるにしたがって、レジストパターンのエッジラフネスが問題となりつつある。しかしながら、従来の手法では、解像性の低下やパターン変形等を生じさせることなく、エッジラフネスを改善することは困難であった。

【0008】本発明は上記従来の課題に対してなされたものであり、パターン変形等を生じさせることなくエッジラフネスを改善することが可能なパターン処理方法を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係るパターン処理方法は、露光及び現像工程を経て形成されたレジストパターン又は該レジストパターンを鋳型として形成された樹脂パターンからなる材料パターンのパターン処理方法であって、光照射によって前記材料パターンの表面領域を選択的に加熱して該表面領域を選択的にリフローすることを特徴とする。

【0010】本発明によれば、光照射によってレジストパターン等の表面領域を選択的に加熱することによって、レジストパターン等の表面領域を選択的にリフローするため、レジストパターン等の内部への熱伝導によって引き起こされるパターン全体のリフローを防止することができ、リフローによるパターン変形を抑制しつつエッジラフネスを改善することができる。

【0011】レジストパターン等の表面領域を選択的に加熱するためには、短時間の光照射、好ましくは10ミリ秒以下の期間で光照射を行うようにする。短時間の光照射は、フラッシュランプからの光によって行うことが好ましいが、オン／オフ動作するシャッターのオン期間に該シャッターを通過する光によって行うようにしてもよい。

【0012】レジストパターン等の表面領域を選択的に

加熱するためには、表面領域での照射光の吸収比率が大きくなるようにする。具体的には、レジストパターン等を構成する材料の吸収係数が $1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ 以上となるような消費係数を有する波長の光によって光照射を行うことが好ましい。

【0013】また、少なくとも選択的に加熱する処理の前（加熱処理前のみでもよいし、加熱処理前から加熱処理後までであってもよい）に、レジストパターン等を冷却する処理を行うと、レジストパターン等の表面領域と内部領域との温度差を高めることができ、レジストパターンの表面領域をより選択的に加熱し易くすることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0015】まず、本発明に係る実施形態の基本的概念について、図1に示した工程図を参照して説明する。

【0016】図1(a)は、シリコンウエハ等の半導体基板上に被加工物が形成された被加工基板1上に、レジストパターン2を形成した状態を示している。レジストパターンは、通常のリソグラフィ技術、すなわちレジスト膜の塗布、パターン露光、PEB（ポスト・エクスポージャ・ベーク）、現像等の各工程を経て形成したものである。図に示すように、レジストパターン2の表面には凹凸があり、エッジラフネスが良好とは言えない。

【0017】そこで、図1(a)の工程の後、エッジラフネスを改善するため、図1(b)に示すように、レジストパターン2の表面領域2aを選択的に加熱する。加熱処理には例えばフラッシュランプを用い、図2に示すように、フラッシュランプ3からの照射光4（パルス光）をレジストパターン2に照射する。この加熱処理により、レジストパターン2の表面領域2aが選択的にリフローし、図1(c)に示すように、エッジラフネスが改善されたレジストパターン2が得られる。加熱温度は、レジスト材料のガラス転移点温度以上とすることが望ましい。

【0018】加熱時間が長い場合には、レジストパターン2の内部まで加熱されてレジストパターン2全体がリフローし、図3に示すようにレジストパターン2全体がパターン変形してしまうが、フラッシュランプ3を用いることにより、ミリ秒オーダー（10ms以下）の加熱が可能であり、レジストパターン2の表面領域2aのみが選択的にリフローされて、レジストパターン2の矩形形状を維持したままエッジラフネスを改善することができる。

【0019】一般に、照射光の波長相当の範囲において均質な材料中では、光強度に比例して光が吸収される。そのため、表面領域の方が内部領域よりも単位体積当たりの光吸収量が多くなる。表面領域のみを効率よく加熱するには、i線レジストやKrFレジストの場合、レジ

スト材料の吸収しやすい波長、一般的に200nm以下の短波長の紫外光を照射することが望ましい。

【0020】加熱光源のエネルギー密度が低い場合には、レジスト材料の熱伝導により、表面領域のみならず内部領域の温度も上昇する。そのため、短時間で加熱が終了するフラッシュランプの特性は望ましいものである。使用したフラッシュランプの1/2パルス幅は1.5ミリ秒であるが、パルス幅が10ms程度以下であっても同様の効果があると考えられる。

【0021】材料中における光の放射方向の微小距離dx間における光の吸収量dIは、

$$dI = \alpha I_0 \exp(-\alpha x) dx$$

と記述できる。I₀は材料表面での光強度、xは材料表面からの距離、αは吸収係数である。αが大きいほど材料表面における照射光の吸収比率が高くなり、内部ほど急激に温度が低下する。

【0022】L/S（ライン・アンド・スペース）パターンにおいては、アスペクト比（レジスト膜厚とライン寸法の比）が3程度である場合が多い。アスペクト比3のパターン下部に光を照射するとき、レジスト膜中の光路長はレジスト膜表面からの深さの10^{1/2}倍（約3.1倍）となる。

【0023】α=1.2×10000cm⁻¹のとき、レジスト表面からの光路長31nm、深さ10nmにおける照射光の吸収量は、最表面の95%となる。レジスト材料のガラスの転移点温度は、通常130～160℃である。α≥1.2×10000cm⁻¹であれば、室温25℃からレジスト表面を160℃まで加熱すると、最表面とその内側10nmの部分との間で5℃以上の温度差が生じるため、厚さ10nm程度の表面領域のみがリフローを起こすと考えられる。

【0024】なお、光照射若しくは光吸収による加熱によって、照射光に対する吸収係数が大きくなる材料が存在する。このような材料であれば、光照射前の吸収係数が、α=1.2×10000cm⁻¹より小さくても、本発明で期待する効果を得ることが可能である。

【0025】レジスト表面を加熱する効果は、α≥1.2×10000cm⁻¹の関係を満足する単色光に限らず、多色光であっても全ての波長において上記関係を満足すれば得ることができる。また、ブロード光であっても、発光波長の大半が上記関係を満足すればよい。その際、α≥1.2×10000cm⁻¹を満足する波長の強度が十分に強ければ、レジスト表面のみを選択的にリフローさせることは可能である。α<1.2×10000cm⁻¹の波長の光は、レジストの表面領域を選択的に加熱する効果は小さい。しかし、そもそも吸収係数が小さい光はレジスト中でほとんど吸収されないため、ブロード光における強度比率が十分に小さい場合には、表面領域を選択的に加熱する効果はあまり低下しない。

【0026】照射光源としては、上記αの関係を満足す

5

る短波長光であるとともに、高エネルギー密度かつ照射期間が10ms以下のものであることが望ましい。紫外光源としては、重水素発光管、固体レーザ、さらには放射光の連続スペクトルの利用も考えられる。機械式シャッターと併用とすることで、照射光のオン/オフ（通過/遮断）の制御を行うことが望ましく、フラッシュランプの場合と同様、10ms以下の期間で光照射を行うようにすることが望ましい。

【0027】加熱工程前にレジスト材料を冷却することにより、光照射による表面温度の温度上昇幅が大きくなる。そのため、必然的にレジストの表面領域と内部領域との温度差が大きくなり、レジスト表面のみをリフローすることが容易になる。図4は、レジスト表面からの光路長と温度との関係を示した図である。 $\alpha = 5 \times 1000 \text{ cm}^{-1}$ で室温（25℃）から160℃まで温度を上昇させた場合（a）、 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ で室温（-25℃）から160℃まで温度を上昇させた場合（b）、 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ で液体窒素温度（-196℃）から160℃まで温度を上昇させた場合（c）を示している。この図に示すように、液体窒素温度から160℃まで加熱する場合（c）には、表面からの光路長31nm、深さ10nmでは147℃となり、表面との温度差は13℃にまで拡大する。

【0028】また、レジスト表面が非常に高温になっている場合、或いは照射光の吸収係数 α が小さくてレジスト内部との温度差が小さい場合には、熱伝導によってウエハ内部でもリフローが生じる可能性がある。これを防止するには、光照射による加熱工程終了後にも冷却を行うことが有効である。また、レジストパターン上部に対しては基板側からの冷却では冷却効率が悪い場合もあるため、加熱終了後の冷却はレジスト形成面側から行うことが有効である。その手段としては、冷却ガスの放出が考えられる。

【0029】なお、フラッシュランプ等の光照射以外に、レジスト表面への高温ガス（レジスト材料のガラス転移点温度より高温の気体が好ましい）の吹き付けも有効である。気体は単位体積あたりの熱容量は小さいが、高速で連続的に吹き付けることにより、レジスト表面へ与える熱容量の制御が可能であると考えられる。

【0030】また、レジストの表面領域のみを光照射により、レジスト材料の分解若しくは昇華温度、或いは雰囲気ガスとの反応温度以上に加熱することで、エッジラフネスとして観察される表面数nmのみを除去することも可能である。特に、雰囲気ガスに酸素或いはオゾンが含まれている場合には、アッシングと類似した効果が得られると考えられる。この場合、通常のアッシングとは異なり、必ずしも真空中で処理する必要がないため、減圧工程の省略によるスループット向上が見込める。

【0031】また、有機下層反射防止膜（BARC）を使用した場合には、その材質によっては付加的な効果が

6

期待できる。レジスト膜よりも有機BARCの方が、分解若しくは昇華温度が低い場合或いは雰囲気ガスと反応しやすい場合には、レジスト膜よりもBARC膜の方が膜厚の減少が大きくなる。一般に、RIEにおけるレジストとBARCの選択比はほぼ1であり、BARC加工時にはほぼ同じ膜厚分だけレジスト膜厚が減少する。したがって、RIE前にレジスト膜よりもBARC膜の方が膜厚の減少が大きいと、加工マスクとして使用できるレジスト膜厚が増加する。

【0032】また、レジストの表面領域のみを光照射により、レジスト材料の分解若しくは昇華温度、或いは雰囲気ガスとの反応温度以上に加熱する場合、例えば分解温度が250℃であるとする、表面と内部との温度差は図5に示したようになる。図5は、 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ で室温（25℃）から250℃まで温度を上昇させた場合（a）、 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ で液体窒素温度（-196℃）から250℃まで温度を上昇させた場合（b）を示している。図に示すように、（a）の場合には、表面からの光路長31nm、深さ10nmでは242℃であり、表面との温度差は8℃となる。（b）の場合には、表面からの光路長31nm、深さ10nmでは234℃であり、表面との温度差は16℃となり、冷却しない場合よりも温度差が拡大する。

【0033】なお、以上の説明はレジストパターンにおけるラフネス改善効果に関して述べたものであるが、レジストパターンを鋳型として反転パターンを得る場合、反転パターンに用いる材料が樹脂材料（例えば、ポリシロキ酸、フッ素ポリマー等）である場合には、鋳型として用いるレジストパターンを除去した後、上述した手法と同様の手法を反転パターンに対して適用することも可能である。

【0034】以下、本実施形態における具体的な実施例について説明する。

【0035】（実施例1）シリコンウエハ上にShipley社製反射防止膜AR5を60nm、KrF用化学増幅型ポジレジストを300nm形成した後に、KrF露光装置による露光を行い、さらにPEB及び現像を行ってレジストパターンを形成した。

【0036】形成されたエッジラフネスの大きい矩形のレジストパターンに対して、Xeガスを封入したフラッシュランプを用いて窒素雰囲気中で光を照射した。フラッシュランプとレジストパターンとの間の距離は20mmとした。フラッシュランプのコンデンサ容量は2070μF、インダクタンスは200μHである。フラッシュランプの1/2パルス幅は約1.5msである。印加電圧は、1.8kV、1.56kV、1.47kV、1.3kV及び1.0kVの5種類とした。それぞれの照射エネルギー密度は、20J/cm²、15J/cm²、13.3J/cm²、10J/cm²、6.2J/cm²である。フラッシュランプの分光データは図6に

7

示した通りである。

【0037】印加電圧 1.56 kV、1.47 kV、1.3 kV の条件において、130 nm の L/S パターンは矩形形状を維持したままエッジラフネスが低減した。このとき、パターン寸法の変化は約 5 nm 以下であった。印加電圧 1.8 kV の条件ではリフローによるパターン変形が生じ、1.0 kV の条件ではエッジラフネスは改善しなかった。

【0038】（実施例 2）実施例 1 で示した Xe 封入のフラッシュランプに代えて、Kr、Ar 或いは Ne 等の Xe よりも短波長の発光スペクトルを持つガスを封入したフラッシュランプを使用してもよい。

【0039】レジスト表面での光強度を I_0 とし、媒質（レジスト）中における進行距離 x での光強度 I を、 $I = I_0 \exp(-\alpha x)$

と表したとき、減衰定数 α を吸収係数とする。波長 λ の消費係数が k のとき、

$$\alpha = 4\pi k / \lambda$$

であり、一般に短波長の方が α は大きくなる。

【0040】KrF レジストにおいて、波長 248 nm では $k = 0.01$ 、 $\alpha = 5 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ 、波長 200 nm では $k = 0.3$ 、 $\alpha = 1.9 \times 100000 \text{ cm}^{-1}$ となる。図 4 に示したように、 α が大きいほどレジストの表面と内部との温度差は大きくなる。レジスト表面に垂直に光を照射した場合、 $\alpha = 5 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ 以上であれば、レジスト表面と 10 nm 内側とでは 5℃ の温度差が生じる。

【0041】ウエハ上方から光を照射しても、レジスト側壁には斜め方向から光が照射される。L/S パターンのアスペクト比が 3 のときには、レジスト膜中の光路長はレジスト表面からの深さの $10^{1/2}$ 倍（約 3.1 倍）である。表面から 10 nm の深さに達するのは光路長 31 nm である。 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ であれば、前記入射角度において、表面と 10 nm 内側との間には 5℃ の温度差が生じる。

【0042】（実施例 3）実施例 1 の窒素雰囲気中に代えて、室温の窒素ガスを流しながらフラッシュランプの光を照射した。

【0043】実施例 1 と異なり、1.3 kV ではエッジラフネス改善の効果はみられなかった。また、印加電圧 1.8 kV ではリフローによってレジストパターンの変形が生じていたが、窒素ガスが静止している状態で光照射を行った実施例 1 の場合と比べて、パターン変形が小さかった。

【0044】（実施例 4）実施例 1 の窒素雰囲気中に代

8

えて、大気中でフラッシュランプを照射した。それ以外の条件は実施例 1 と同様である。

【0045】印加電圧 1.8 kV ではリフローによるパターン変形が生じた。印加電圧 1.56 kV、1.47 kV、1.3 kV、1.0 kV の条件では、130 nm の L/S パターンは、矩形形状を維持したままエッジラフネスが低減した。このときライン寸法は 20～5 nm 細っていた。

【0046】また、エッジラフネス低減の効果に加えて、印加電圧 1.3 kV 以上の条件では、チップ周辺部の大きなレジスト抜き部分において、下層反射防止膜 AR5 がほぼ完全に除去されていた。また、印加電圧 1.56 kV においては、130 nm の L/S の抜き部分の AR5 の膜厚も約 10 nm 減少していた。このときのライン部分のレジスト膜厚の減少は約 5 nm であった。

【0047】以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施することが可能である。

【0048】

【発明の効果】本発明によれば、光照射によってレジストパターン等の表面領域を選択的に加熱して該表面領域を選択的にリフローすることにより、レジストパターン等の全体がリフローすることが防止され、パターン変形を抑制しつつエッジラフネスを改善することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態に係るパターン処理方法について、その概略を示した工程図。

【図 2】本発明の実施形態における加熱処理の一例を模式的に示した図。

【図 3】レジストパターン全体がリフローしてパターン変形した状態を示した図。

【図 4】レジスト表面からの光路長と温度との関係を示した図。

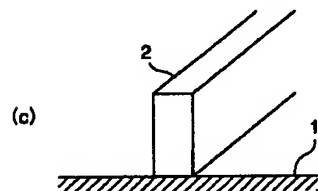
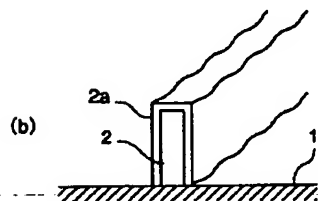
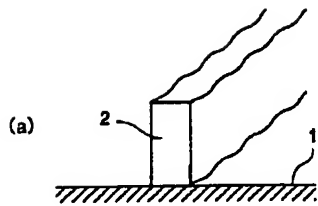
【図 5】レジスト表面からの光路長と温度との関係を示した図。

【図 6】フラッシュランプの分光データについて示した図。

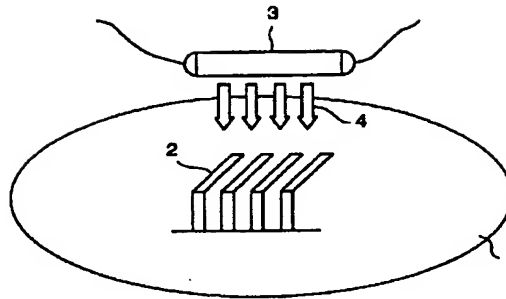
【符号の説明】

- 1…被加工基板
- 2…レジストパターン
- 2a…レジストパターンの表面領域
- 3…フラッシュランプ
- 4…照射光

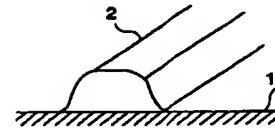
【図1】



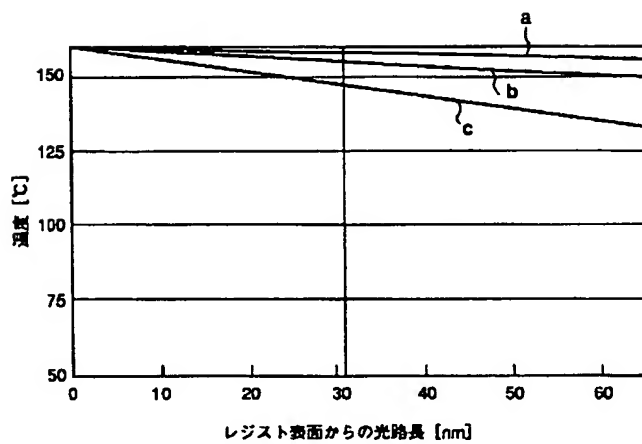
【図2】



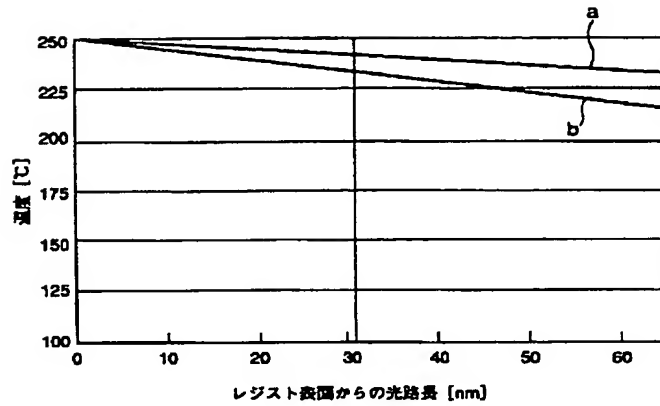
【図3】



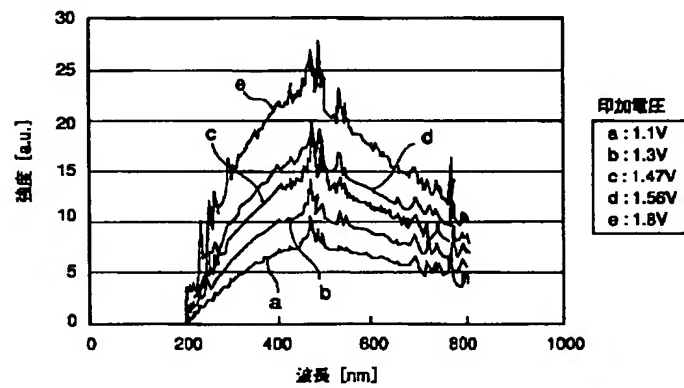
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 大西 廉伸
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 奥村 勝弥
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

Fターム(参考) 2H096 AA25 HA01 HA03
5F046 AA28 CA02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.